

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 8 年 9 月 3 0 日

出 願 番 号

Application Number:

平成 1 0 年 特 許 願 第 2 7 8 1 8 1 号

出 願 人

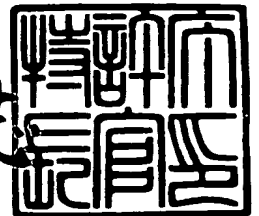
Applicant (s):

三菱電機株式会社

1 9 9 8 年 1 0 月 2 3 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

伴 佐 山 建 志



出証番号 出証特平 1 0 - 3 0 8 5 8 4 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 51299201

【提出日】 平成10年 9月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B62D 5/04

【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

【請求項の数】 21

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 喜福 隆之

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080296

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮園 純一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003241

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9805386

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 運転者の操舵力を検出した操舵力検出値に基づいてステアリング系に接続されたモータを駆動し、ステアリング系の操舵力を補助する電動パワーステアリング装置において、ステアリング系の静止摩擦を推定した静止摩擦推定値を求める手段と、この静止摩擦推定値に基づいて上記静止摩擦を補償する手段とを備えたことを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 2】 操舵力検出値のエッジを抽出してステアリング系の静止摩擦を推定するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 3】 モータ角速度またはモータ逆起電力または操舵角速度のエッジを抽出してステアリング系の静止摩擦を推定するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 4】 モータ電流のエッジを抽出してステアリング系の静止摩擦を推定するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 5】 高域通過形フィルタを用いてエッジを抽出するようにしたことを特徴とする請求項 2～請求項 4 のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 6】 高域通過形フィルタの時定数を、モータの機械的時定数または加速定数とほぼ同一の値に設定したことを特徴とする請求項 5 記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 7】 上記エッジ抽出値に、モータ角速度またはモータ逆起電力または操舵角速度の所定の関数を作用させて、ステアリング系の静止摩擦を推定するようにしたことを特徴とする請求項 2～請求項 6 のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 8】 静止摩擦推定値に上限値を設けたことを特徴とする請求項 2～請求項 7 のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 9】 静止摩擦推定値を正帰還することにより得られる静止摩擦推定値に比例する項を有する静止摩擦補償を演算し、この静止摩擦補償によりステアリング系の静止摩擦を補償するようにしたことを特徴とする請求項 1～請求項 8 のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 10】 静止摩擦推定値とモータ出力トルクとが、ほぼ同一の値となるように上記正帰還のゲインを設定したことを特徴とする請求項 9 記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 11】 静止摩擦補償を、静止摩擦推定値に比例する項と、モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項とから構成したことを特徴とする請求項 9 または請求項 10 記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 12】 上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項は、静止摩擦推定値が所定値以上の場合に作用するようにしたことを特徴とする請求項 11 記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 13】 上記静止摩擦推定値に比例する項に、モータないしモータ減速器の非線形性を補償する所定の関数を作用させて、静止摩擦を補償するようにしたことを特徴とする請求項 9 または請求項 10 記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 14】 上記静止摩擦補償と、上記静止摩擦推定値に比例する項と、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項との少なくとも 1 つまたは全部に上限値を設けたことを特徴とする請求項 9～請求項 13 のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 15】 上記静止摩擦補償と、上記静止摩擦推定値に比例する項と、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項との少なくとも 1 つまたは全部に、モータ角速度またはモータ逆起電力または操舵角速度の所定の関数を作用させて上記静止摩擦を補償するようにしたことを特徴とする請求項 9～請求項 14 のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 16】 上記静止摩擦推定値と、上記静止摩擦補償と、上記静止摩擦推定値に比例する項と、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項の少なくとも 1 つまたは全部を、車速またはエンジン回転数に基づいて変化さ

せるようにしたことを特徴とする請求項 9～請求項 15 のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 17】 上記モータ角速度またはモータ逆起電力または操舵角速度の関数と、上記正帰還ゲインと、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項と、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する所定の関数と、上記上限値の少なくとも 1 つまたは全部を、車速またはエンジン回転数に基づいて変化させるようにしたことを特徴とする請求項 16 記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 18】 モータまたは操舵の角速度及び角加速度に基づいてステアリング系の動摩擦ないし慣性を補償するようにしたことを特徴とする請求項 1～請求項 17 のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 19】 動摩擦の補償項と静止摩擦の補償項とに対して、この 2 つの補償項のいずれかを選択的に作用させるための重み付けをしたことを特徴とする請求項 18 記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 20】 動摩擦の補償項と静止摩擦推定値に比例する項とモータないしモータ減速器の非線形性を補償する項とに対して、上記項の少なくとも 1 つを選択的に作用させるための重み付けをしたことを特徴とする請求項 18 記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 21】 動摩擦の補償量の大きさに応じて静止摩擦の補償を行うようにしたことを特徴とする請求項 19 または請求項 20 記載の電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、モータにより操舵力を補助する電動パワーステアリング装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来の電動パワーステアリング装置は、ステアリングホイールに取付けられた

ステアリングシャフトに加えられた操舵トルクと車速とに基づいて、操舵補助力を決定し、この操舵補助力に応じてステアリング系に接続されたモータの出力トルクを制御してステアリング系の操舵力を補助するもので、操舵フィーリングを改善するため、モータの角速度や角加速度、あるいは操舵トルクの時間微分値等に基づいて上記モータ出力トルクを補正していた。

【0003】

図13は、例えば特開平8-175404号公報に示された従来の電動パワーステアリング装置のステアリング制御に用いられるソフトウェアの構成を示す図である。同図において、1は減速器を介してステアリング系に接続され操舵補助力を発生するモータ、2はモータ検出電流 I_m とモータ印加電圧 V_m とからモータ1の逆起電力を演算してモータ1の回転角速度（以下、モータ角速度という） ω_m の推定値を求め、その値をモータ角速度推定値 ω として出力するモータ角速度演算手段、3は上記モータ角速度推定値 ω を微分してモータ角加速度を求め、その値をモータ角加速度推定値 $(d\omega/dt)$ として出力するモータ角加速度演算手段である。4は上記モータ角速度推定値 ω に基づいてステアリング系のクーロン摩擦を補償するクーロン摩擦補償電流 I_c を演算するクーロン摩擦補償電流演算手段、5は上記モータ角速度推定値 ω に基づいてステアリング系の粘性摩擦を補償する粘性摩擦補償電流 I_d を演算する粘性摩擦補償電流演算手段、6は上記モータ角加速度推定値 $(d\omega/dt)$ に基づいてステアリング系の慣性モーメントを補償する慣性補償電流 I_j を演算する慣性補償電流演算手段、7は運転者の操舵トルク V_t に基づいて運転者の操舵力を補助する操舵力補助電流 I_s を演算する操舵力補助電流演算手段で、8は上記クーロン摩擦補償電流 I_c 、粘性摩擦補償電流 I_d 、慣性補償電流 I_j 、操舵力補助電流 I_s の各電流を加算して求められるモータ目標電流 I_{sum} と、上記モータ検出電流 I_m とが一致するようにモータ1の駆動電流をフィードバック制御する電流制御手段である。

【0004】

次に動作について説明する。まず、モータ角速度演算手段2により、モータ検出電流 I_m とモータ印加電圧 V_m とからモータ角速度 ω_m の推定値であるモータ角速度推定値 ω を演算する。モータ1は他励直流機であり、運転者の操舵に応じて

運転者の操舵力を補助すべく上記モータ 1 が回転すると、上記モータ 1 にはモータ角速度 ω_m に比例した逆起電力 V_e が発生する。上記モータ角速度 ω_m と上記モータ逆起電力 V_e との関係は、以下の式 (1) で表すことができる。

$$V_e = K_e \cdot \omega_m \quad \dots (1)$$

V_e : モータ逆起電力 (V)

K_e : モータ逆起電力定数 (V · s / rad)

ω_m : モータ角速度 (rad / s)

モータ角速度演算手段 2 は、検出値であるモータ検出電流 I_m とモータ印加電圧 V_m とから、以下の式 (2) に基づいてモータ逆起電力 V_e を演算する。

$$V_e = V_m - I_m \cdot R_a \quad \dots (2)$$

R_a : モータ電機子抵抗

そして、上記式 (2) により求められたモータ逆起電力 V_e の値と上記式 (1) を用いて、 $\omega = (V_m - I_m \cdot R_a) / K_e$ により、モータ角速度 ω_m の推定値であるモータ角速度推定値 ω を演算する。このモータ角速度推定値 ω は、モータ角速度演算手段 3 とクーロン摩擦補償電流演算手段 4 と粘性摩擦補償電流演算手段とに出力される。

モータ角加速度演算手段 3 は、モータ角速度演算手段 2 から入力された上記モータ角速度推定値 ω に対して微分演算を施してモータ角加速度推定値 ($d\omega / dt$) を求め、慣性補償電流演算手段 6 に出力する。

【0005】

電動パワーステアリング装置（以下、電動パワステと略す）においては、モータ 1 の摩擦がステアリング系に伝達されるためステアリング系の摩擦の増加し、このため、低速でのハンドル戻りが悪化する場合がある。

クーロン摩擦補償電流演算手段 4 は、上記ステアリング系の摩擦の増加を補償するためのクーロン摩擦補償電流 I_c を演算するもので、このクーロン摩擦補償電流 I_c は、図 14 に示すように、モータ角速度推定値 ω が所定の値 ω_0 以上になった場合に与える一定の値の電流で、モータ 1 の回転方向と同一方向に操舵補助力が作用するように与えられる。

【0006】

また、電動パワステではモータ 1 が接続されているため、ステアリング系の慣性モーメントが増加する。これは、例えば、ステアリングを速く切り返したときの操舵力の増加や、高速でレーンチェンジした場合等のステアリングの収まりの悪さにつながる。

慣性補償電流演算手段 6 は、図 15 に示すように、モータ角加速度推定値 ($d\omega/dt$) に比例した慣性補償電流 I_j を与えるもので、これにより、電動パワステの速応性を向上させる。

また、粘性摩擦補償電流演算手段 5 は、図 16 に示すように、モータ角速度推定値 ω に比例し、かつ極性が逆である粘性摩擦補償電流 I_d を与えるもので、これにより、電動パワステの減衰性を向上させる。

操舵力補助電流演算手段 7 は、運転者が操舵し、操舵トルク V_t が上昇すると、例えば、図 17 に示すように、車速 V_s と操舵トルク V_t とに応じて、操舵力を補助する操舵力補助電流 I_s を与えるもので、これにより、運転者の操舵力を軽減する。なお、上記操舵力補助電流 I_s の値は、車速 V_s が小さいほど大きくなるように設定される。

以上のように求められた各電流 (I_c , I_d , I_j , I_s) を加算し、モータ 1 の目標電流 I_{sum} とする。電流制御手段 8 は、上記モータ目標電流 I_{sum} とモータ検出電流 I_m とが一致するように、モータ 1 の駆動電流をフィードバック制御し、モータ 1 を駆動する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

摩擦は、例えば、伊藤正美著“大学講義自動制御”によると、図 18 のようにモデル化することができる。すなわち、物体が静止している場合には、上記物体の垂直抗力に比例する静止摩擦が働き、物体が速度を持っている場合には、クーロン摩擦と呼ばれる動摩擦力をベースとして、物体の速度に比例した粘性摩擦が働く。これに対して、従来の電動パワステアリング装置では、ステアリング系のクーロン摩擦と粘性摩擦に対しては補償されているものの、静止摩擦が考慮されていないため、この静止摩擦の影響で、例えば操舵し始めるときに引っかかりを感じる等、ステアリング中立付近での操舵フィーリング（以下、オンセンター

感という)が悪いという問題点があった。

【0008】

電動パワステでは、上述のようにオンセンター感が重く感じられる場合には、一般に、トルクの微分値に比例した電流をモータ電流に重畳するという方法が用いられていた。しかし、上記トルクの微分値に比例した電流による補償は、例えば特公平3-42235号公報にも記載されている通り、モータ1の慣性力の影響の吸収を主たる目的としており、ステアリング系の静止摩擦を補償するものではないので、上記従来例のモータの慣性を補償する慣性補償電流 I_j に上記トルクの微分値に比例した電流を重畳すると、モータの慣性を過度に補償することになり、ふらつくような操舵フィーリングになったり、モータ電流が発振するといった問題点があった。

【0009】

この発明は、上記のような問題点を解決するためになされたもので、ステアリング系の静止摩擦を推定し、これを補償することにより、操舵フィーリングを改善することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明の請求項1に記載の電動パワステアリング装置は、ステアリング系の静止摩擦を推定した静止摩擦推定値を求める手段と、この静止摩擦推定値に基づいてステアリング系の静止摩擦を補償する手段とを備えたものである。

【0011】

請求項2に記載の電動パワステアリング装置は、操舵力検出値のエッジを抽出することによって、運転者が操舵し始めるときの静止摩擦による操舵トルクの増加を検出し、ステアリング系の静止摩擦を推定するようにしたものである。

【0012】

請求項3に記載の電動パワステアリング装置は、モータ角速度またはモータ逆起電力または操舵角速度のエッジを抽出することによって、ステアリング系の角速度のエッジを抽出し、ステアリング系の静止摩擦を推定するようにしたものである。

【0013】

請求項4に記載の電動パワーステアリング装置は、モータ電流のエッジを抽出することによって、運転者が操舵し始めるときの静止摩擦による操舵補助力の増加を検出し、ステアリング系の静止摩擦を推定するようにしたものである。

【0014】

請求項5に記載の電動パワーステアリング装置は、高域通過形フィルタによって、操舵力検出値等のエッジを抽出するようにしたものである。

【0015】

請求項6に記載の電動パワーステアリング装置は、上記高域通過形フィルタの時定数を、モータの機械的時定数ないし加速定数とほぼ同一の値としたものである。

【0016】

請求項7に記載の電動パワーステアリング装置は、上記エッジ抽出値に、モータ角速度、ないしはモータ逆起電力、ないしは操舵角速度の所定の関数を作用させることによって、運転者が操舵し始めてからモータが回り始めるまでのエッジを抽出し、ステアリング系の静止摩擦を推定するようにしたものである。

【0017】

請求項8に記載の電動パワーステアリング装置は、静止摩擦推定値に上限値を設け、静止摩擦推定値が上記上限値以上の場合には、上記上限値を保持するようにしたものである。

【0018】

請求項9に記載の電動パワーステアリング装置は、上記静止摩擦推定値を正帰還することによって、ステアリング系の静止摩擦を補償するようにしたものである。

【0019】

請求項10に記載の電動パワーステアリング装置は、上記静止摩擦推定値と、モータ出力トルクとがほぼ同一の値となるように、上記正帰還のゲインを定めるようにしたものである。

【0020】

請求項11に記載の電動パワーステアリング装置は、上記静止摩擦補償を、少なくとも、静止摩擦推定値に比例する項と、モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項から構成し、モータないしモータ減速器の非線形性にかかわらず、ステアリング系の静止摩擦を打ち消すようにしたものである。

【0021】

請求項12に記載の電動パワーステアリング装置は、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項が、上記静止摩擦推定値が所定値以上の場合に作用するようにしたものである。

【0022】

請求項13に記載の電動パワーステアリング装置は、上記静止摩擦推定値に比例する項に、モータないしモータ減速器の非線形性を補償する所定の関数を作用させ、モータないしモータ減速器の非線形性にかかわらず、ステアリング系の静止摩擦を打ち消すようにしたものである。

【0023】

請求項14に記載の電動パワーステアリング装置は、上記静止摩擦補償と、上記静止摩擦推定値に比例する項と、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項の、少なくともいずれか1つまたは全部に上限値を設けるようにしたものである。

【0024】

請求項15に記載の電動パワーステアリング装置は、上記静止摩擦補償と、上記静止摩擦推定値に比例する項と、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項の、少なくともいずれか1つに、モータ角速度、ないしモータ逆起電力、ないし操舵角速度の所定の関数を作用させて、静止摩擦を補償するようにしたものである。

【0025】

請求項16に記載の電動パワーステアリング装置は、上記静止摩擦補償と、上記静止摩擦推定値に比例する項と、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項の、少なくともいずれか1つまたは全部を、車速ないしエンジン回転数に基づいて変化させ、車速ないしエンジン回転数に応じた静止摩擦補償を行う

ようにしたものである。

【0026】

請求項17に記載の電動パワーステアリング装置は、上記モータ角速度、ないしモータ逆起電力、ないし操舵角速度の関数と、上記正帰還ゲインと、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項と、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する所定の関数と、上記上限値の、少なくともいずれか1つまたは全部を、車速ないしエンジン回転数に基づいて変化させ、車速ないしエンジン回転数に応じた静止摩擦補償を行うようにしたものである。

【0027】

請求項18に記載の電動パワーステアリング装置は、モータの角速度、角加速度または操舵の角速度、角加速度に基づき、ステアリング系の動摩擦ないし慣性を補償するとともに、ステアリング系の静止摩擦推定値に基づき、ステアリング系の静止摩擦を補償するようにしたものである。

【0028】

請求項19に記載の電動パワーステアリング装置は、動摩擦の補償項と静止摩擦の補償項とに対して、この2つの補償項のいずれかをを選択的に作用させるための重み付けをしたものである。

【0029】

請求項20に記載の電動パワーステアリング装置は、動摩擦の補償項と静止摩擦推定値に比例する項とモータないしモータ減速器の非線形性を補償する項とに対して、上記項の少なくとも1つを選択的に作用させるための重み付けをしたものである。

【0030】

請求項21に記載の電動パワーステアリング装置は、動摩擦の補償量の大きさに応じて静止摩擦の補償を行うようにしたものである。

【0031】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面に基づき説明する。

なお、以下の説明中、従来例と共通する部分については同一符号を付し、その

説明を省略する。

【0032】

実施の形態 1.

図 1 は、本発明の実施の形態に係わる電動パワーステアリング装置の全体構成図で、同図において、1 はステアリング系に接続されたモータ、11 はステアリングホイール、12 は上記ステアリングホイール 11 に取付けられたステアリングシャフト、13 は図外のトランスミッションの回転を検知して自動車の車速を検出する車速センサ、14 は上記ステアリングシャフトに取付けられ、運転者の操舵トルクを検出するトルクセンサ、15 はモータ 1 の出力トルクを上記ステアリングシャフト 12 に伝達するモータ減速器（以下、減速器という）、16 は車速センサ 13 やトルクセンサ 14 等の信号に基づいてモータ 1 を駆動・制御するコントローラ、17 はコントローラ 16 の電源であるバッテリーである。

【0033】

図 2 は上記コントローラ 16 のハードウェアの構成を示す図で、同図において、21 はブリッジ接続されたパワー MOSFET で構成され、モータ 1 に駆動電流を供給するモータ駆動回路、22 は上記パワー MOSFET を駆動するための FET ドライバ、23 はモータ 1 に流れる電流を所定の電圧に変換しモータ検出電流 I_m として出力するモータ電流検出回路、24 はモータ 1 の正、負の端子電圧（モータ端子電圧） V_{m1} 、 V_{m2} を検出し出力するモータ端子電圧検出回路、25 はバッテリー 17 の電圧を平滑してモータ駆動回路 21 に直流電圧を与えるコンデンサである。26 は上記モータ検出電流 I_m と上記モータ端子電圧 V_{m1} 、 V_{m2} 及びトルクセンサ入力回路 27 を介して入力されるトルクセンサ 14 の出力と、車速センサ入力回路 28 を介して入力される車速センサ 13 の出力とに基づいて FET ドライバ 22 を制御し、上記モータ 1 を駆動・制御するマイクロコンピュータ（以下、マイコンという）である。

【0034】

マイコン 26 は、制御プログラム等が格納される ROM 31 と、モータ検出電流 I_m やモータ端子電圧 V_{m1} 、 V_{m2} 等のデータなどを一時的に保持する RAM 32 と、FET ドライバ 22 に接続され、モータ 1 を PWM 制御するためのパルス

を生成するPWM変調器33と、車速センサ入力回路28を介して車速センサ13が接続される入出力ポート34と、モータ電流検出回路23とモータ端子電圧検出回路24とに接続されるとともに、トルクセンサ入力回路27を介してトルクセンサ14に接続されるA/D変換器35と、制御周期の管理等に使用されるタイマ36と、これらを制御するCPU37とを備えている。

【0035】

図3は、上記ROM31に実装されたステアリング制御に用いられるソフトウェアの構成を示す図で、図4は上記ソフトウェアの動作を説明するためのフローチャートである。図3において、1はモータ、2はモータ角速度演算手段、3はモータ角加速度演算手段、4はクーロン摩擦補償電流演算手段、5は粘性摩擦補償電流演算手段、6は慣性補償電流演算手段、7は操舵力補助電流演算手段、8は電流制御手段である。また、9はトルクセンサ14からの操舵トルク V_t からステアリング系の静止摩擦の推定値である静止摩擦推定値 T_f を演算する静止摩擦演算手段、10は上記静止摩擦演算手段9からの静止摩擦推定値 T_f と車速センサ13の出力から求められる車速 V_s とに基づいてステアリング系の静止摩擦を補償するための静止摩擦補償電流 I_f を演算する静止摩擦補償電流演算手段である。

【0036】

次に、図4のフローチャートに従い、上記図1～図3を参照しながら、本実施の形態1の電動パワーステアリング装置の動作を説明する。なお、図4のプログラムは、タイマ36を用いて実行周期を管理する上位のプログラムから、一定周期毎に呼び出されるものとする。

まず、ステップS1において、マイコン26に入力されたモータ電流検出回路23からのモータ検出電流 I_m と、モータ端子電圧検出回路24からのモータ端子電圧 V_{m1} 、 V_{m2} と、トルクセンサ14からの操舵トルク V_t とをA/D変換器35でA/D変換してRAM32に読み込み、次に、ステップS2において、入出力ポート34を介して入力された車速センサ13の出力パルスの周期を計測して車速 V_s を演算し、その結果をRAM32に保持する。

データ読み込みの完了後は、ステップS3において、図3のモータ角速度演算

手段2により、モータ端子電圧 V_{m1} 、 V_{m2} とモータ検出電流 I_m とを用いてモータ1の逆起電力 V_e を演算し、モータ角速度 ω を得る。なお、角速度 ω の演算方法は、上記従来例と同様であり、下記の式(3)に基づく。

$$\omega = \{ (V_{m1} - V_{m2}) - I_m \cdot R_a \} / K_e \quad \dots (3)$$

ここで、 ω : モータ角速度 (rad/s)

V_{m1} : モータ (+) 端子電圧 (V)

V_{m2} : モータ (-) 端子電圧 (V)

I_m : モータ検出電流 (A)

R_a : モータ電機子抵抗 (Ω)

K_e : モータ逆起電力定数 (V · s / rad)

ステップS4では、モータ角加速度演算手段3により、上記ステップS3において得られたモータ角速度 ω を微分してモータ角加速度推定値 ($d\omega/dt$) を求める。

【0037】

ステップS5では、静止摩擦演算手段9により、トルクセンサ14からの操舵トルク V_t からステアリング系の静止摩擦推定値 T_f を演算する。ここで、ステップS5の動作を、図5～図6を参照しながら詳細に説明する。

図5(a)は、運転者が中立付近で操舵しているときの操舵トルクの波形を表す図で、図5(b)は後述する静止摩擦推定値を示す図で、図5(c)は操舵角の変化を示す図である。ステアリングホイール11がほとんど動かない程度の操舵角度であっても、ステアリング系の静止摩擦が大きい場合には、図5(a)の破線で囲んだ部分に示すように、操舵トルクが増加する。このように、静止摩擦の影響で操舵トルクが増加する場合には、モータ1が回転し始め、操舵角度が変化し始めた後に比べて、操舵トルクの変化が急峻である。そこで、この操舵トルク検出値のエッジを抽出することで、ステアリング系の静止摩擦を推定する。上記エッジの抽出には、図6に示すような、高域通過形フィルタを用い、この高域通過型フィルタの時定数を、モータの機械的時定数ないしは加速定数とほぼ同一(例えば数ms)の値とすることにより、静止摩擦推定値 T_f は、図5(b)に示すように、操舵トルク検出値が変化に追従し、かつモータ1が回転し始めると

0に収束するような変化をする。このように、ステップS5では、操舵トルク検出値のエッジを抽出してステアリング系の静止摩擦を推定し、その結果を静止摩擦推定値 T_f としてRAM32に保持する。

【0038】

ステップS6、ステップS7、ステップS8、ステップS9の各ステップでは、上記従来例と同様に、図1の操舵力補助電流演算手段7により、運転者の操舵力を補助する操舵力補助電流 I_s を求めるとともに、クーロン摩擦補償電流演算手段4、粘性摩擦補償電流演算手段5、慣性補償電流演算手段6により、ステアリング系のクーロン摩擦を補償するクーロン摩擦補償電流 I_c 、粘性摩擦を補償する粘性摩擦補償電流 I_d 、慣性モーメントを補償する慣性補償電流 I_j の各電流をそれぞれ求める（図17、図14、図16、図15参照）。

【0039】

また、ステップS10では、静止摩擦補償電流演算手段10により、静止摩擦演算手段9からの静止摩擦推定値 T_f と車速センサ13の出力から求められる車速 V_s とに基づいて、ステアリング系の静止摩擦を補償するための静止摩擦補償電流 I_f を演算する。

運転時には、ステアリング中立付近の微妙な修正操舵等での操舵フィーリングであるオンセンタ感感を軽くし、ハンドルが大きく切り込んでいく場合には、操舵角度に応じて操舵トルクが増大していくことが望ましいとされている。ところが、電動パワーステアリングでは、モータ1や減速器15の摩擦がステアリングシャフト12に伝達されるため、油圧パワーステアリングや、パワーステアリングが装着されていない場合に比べて上記静止摩擦が大きく、オンセンタ感で不利となる。そこで、ステップS10においてステアリング系の静止摩擦を補償するための静止摩擦補償電流 I_f を演算し、この静止摩擦補償電流 I_f によってステアリング系の静止摩擦を補償し、オンセンタ感感を向上させる。

図1の電動パワーステアリングの全体構成図を見ると、ステアリング系の静止摩擦がわかれば、上記静止摩擦を打ち消すような電流をモータ1の電流に重畳し、モータ1の出力トルクで上記静止摩擦を打ち消すことにより、ステアリング系の静止摩擦を補償することができる。そこで、本実施の形態1では、以下の式（

4) に示すような、静止摩擦推定値に比例する項と、モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項からなる電流をステアリング系の静止摩擦を補償する静止摩擦補償電流電流 I_f とする。

$$I_f = (T_f / K_t \cdot n) + (T_L / K_t) \cdot \text{sgn}(T_f - Dz) \quad \dots (4)$$

ここで、 I_f : 静止摩擦補償電流 (A)

K_t : モータトルク定数 (Nm/A)

K_t : モータ (-) 端子電圧 (V)

n : モータ減速比

T_f : ステアリング系静止摩擦推定値 (Nm)

T_L : モータと減速器の摩擦トルク (Nm)

Dz : 摩擦トルク補償不感帯 (Nm)

【0040】

ここで、上記式 (4) について詳しく説明する。

モータ検出電流 I_m と、ステアリングシャフト 12 での (減速後の) モータ出力トルク T_m との関係が線形であるとする、下記の式 (5) が成り立つ。

$$T_m = n \cdot I_m \cdot K_t \quad \dots (5)$$

T_m : ステアリングシャフトでのモータ出力トルク (Nm)

I_m : モータ検出電流 (A)

ステアリング系の静止摩擦をモータの出力トルクで打ち消すには、(ステアリング系の静止摩擦) = (ステアリングシャフトでのモータ出力トルク) とおけばよい。したがって、上記式 (5) において、 $T_f = T_m$ とおけば、上記式 (4) の右辺第 1 項を得る。

しかしながら、モータ検出電流 I_m とステアリングシャフトでのモータ出力トルク T_m との関係は、実際には、例えば、図 7 に示すように、モータ 1 や減速器 15 の摩擦等の影響によって非線形になる。上記式 (4) の右辺第 2 項は、この非線形性を補償するための項で、上記第 2 項により、ステアリング系静止摩擦推定値 T_f が所定の不感帯 Dz を越えると、 T_f と同じ方向にモータ 1 と減速器 15 の摩擦トルク T_L に相当する電流を加算するようにしている。上記不感帯 Dz は、ステアリング系静止摩擦推定値 T_f に含まれる雑音の影響を抑え、かつ、運転者が

操舵しても感じない程度（例えば 0.2～0.3 Nm）の大きさに設定する。

【0041】

ステップ S11 では、電流制御手段 8 により、以上のように求めた各電流 I_s 、 I_c 、 I_d 、 I_j 、 I_f を加算してモータ 1 の目標電流 I_{sum} を算出する。その後、ステップ S12 において、上記目標電流 I_{sum} と、モータ検出電流 I_m とが一致するように、例えば比例積分制御等のフィードバック制御をし、モータ 1 を駆動するデューティ比を決め、ステップ S13 において、上記デューティ比を PWM 変調器 33 に設定し、FET ドライバ 22 を介してモータ駆動回路 21 を駆動する。なお、上記ステップ S12 とステップ S13 とは、図 1 の電流制御手段 8 に相当する。

【0042】

このように、本実施の形態 1 の電動パワーステアリング装置では、静止摩擦演算手段 9 により、操舵トルク V_t の検出値のエッジを抽出してステアリング系の静止摩擦を推定して静止摩擦推定値 T_f を求め、静止摩擦補償電流演算手段 10 により、上記静止摩擦推定値 T_f に基づいてステアリング系の静止摩擦を補償するようにしたので、オンセンタ感を改善することができる。更に、従来の、モータ角速度、角加速度を用いた制御と組み合わせることにより、ステアリング系の動摩擦、静止摩擦、さらには慣性モーメントをすべて制御することができるので、オンセンタ感のみならず、あらゆる操舵条件で良好な操舵フィーリングを得ることができる。また、新たにセンサを設ける必要もないので、コストアップが無いという利点を有する。

【0043】

実施の形態 2.

上記実施の形態 1 では、操舵トルク検出値 V_f のエッジを抽出することでステアリング系の静止摩擦を推定していたが、ステアリング系の角速度のエッジを抽出しても同様の効果を奏する。上記角速度としては、モータ角速度 ω 、逆起電力、 V_e あるいは操舵速度等がある。本実施の形態 2 では、ステアリング系の角速度のエッジを抽出することにより、ステアリング系の静止摩擦を推定するようにしたので、トルクセンサ 14 の雑音に影響されることなく、静止摩擦を推定する

ことができる。

【0044】

実施の形態3.

上記実施の形態1では、操舵トルク検出値 V_f のエッジを抽出することでステアリング系の静止摩擦を推定していたが、モータ電流のエッジを抽出しても同様の効果を得ることができる。ここで、モータ電流はモータ検出電流 I_m のみを指すものではなく、操舵力補助電流 I_s 等の補償用の電流も含むものとする。

例えば、モータ目標電流 I_{sum} を構成する電流である操舵力補助電流 I_s のエッジに基づいて静止摩擦補償電流 I_m を演算すれば、静止摩擦補償電流 I_f も、図17のように車速 V_s で操舵補助力に応じて変化するので、操舵補助力に対して適切な静止摩擦補償が実現できる。

また、モータ目標電流 I_{sum} ないしモータ検出電流 I_m のエッジに基づいて静止摩擦補償電流 I_f を演算すれば、モータ1に通電して回転し始めるまでの間を検出して補償することになるので、モータ1の静止摩擦をより正確に補償することができる。

【0045】

実施の形態4.

上記実施の形態1～3では、操舵トルクや操舵速度等のエッジを抽出することでステアリング系の静止摩擦を推定していたが、エッジ抽出値に、モータ1ないしステアリングホイール11が回転すると0になるような窓関数 $f(\omega)$ を乗じることにより、エッジ抽出値から静止摩擦を推定する場合の雑音の影響を受けにくくし、静止摩擦の推定精度を向上させることができる。なお、この窓関数 $f(\omega)$ は、モータ角速度、逆起電圧、操舵速度等、操舵系の速度を表すものであれば、どの信号の関数でもよい。図8は、上記窓関数 $f(\omega)$ をモータ角速度 ω の関数とした場合の一例で、窓関数 $f(\omega)$ としては、モータ角速度 ω の絶対値が ω_p 以下の場合には $f(\omega) = 1$ で、モータ角速度 ω の絶対値が ω_p を越えた場合には急速に0になるような関数であればよい。ここで、上記 ω_p は、モータないしステアリングホイールが停止しているような小さな角速度に設定する。

このように、本実施の形態4では、静止摩擦に窓関数 $f(\omega)$ を乗じて、モータ

たないしステアリングホイールが停止している場合のみステアリング系の静止摩擦を抽出するようにしたので、より正確に静止摩擦を推定することができ、操舵フィーリングを更に向上させることができる。

【0046】

ところで、トルクセンサ 14 が断線故障した場合などには、操舵トルク検出値が急激に過大な右ないし左トルクを出力し、そのエッジ抽出値、すなわち静止摩擦推定値も過大になる。その結果、静止摩擦補償が過大となって、操舵力が軽くなりすぎ、一時的に操舵が不安定になることが考えられるが、本実施の形態 4 では、静止摩擦に窓関数 $f(\omega)$ を乗じて、モータないしステアリングホイールが停止している場合のみステアリング系の静止摩擦を抽出するようにしたので、故障時においても静止摩擦補償が過大になることを防止することができ、より安全な電動パワーステアリングを提供することができる。

【0047】

実施の形態 5.

上記本実施の形態 4 では、静止摩擦推定値 T_f として、所定のエッジ抽出値にステアリング系の速度の関数を乗じる例について述べたが、静止摩擦補償電流 I_f に上記窓関数 $f(\omega)$ を乗じて、同様の効果を奏する。更に、本実施の形態 5 では、図 9 に示すように、モータ角速度 ω の絶対値が ω_q 以上の場合には $g(\omega) = 1$ で、モータ角速度 ω の絶対値が ω_q 以下の場合には急速に 0 になるような、動摩擦の補償に対する窓関数 $g(\omega)$ をクーロン摩擦補償電流 I_c に乗じ、上記窓関数 $f(\omega)$ を静止摩擦補償電流 I_f に乗じることで、両者が選択的に作用するようにした。例えば、 $\omega_p < \omega_q$ とすると、モータ角速度 ω の絶対値が ω_p 以下の場合には $f(\omega) = 1$ で、 $g(\omega) = 0$ なので、静止摩擦補償が主となり、モータ角速度 ω の絶対値が ω_q を越えた場合には $f(\omega) = 0$ で、 $g(\omega) = 1$ なので、動摩擦補償が主となる。したがって、静止摩擦の補償と動摩擦の補償との干渉を防止することができ、より操舵フィーリングを向上させることができる。

なお、粘性摩擦補償も動摩擦の補償と考えられるので、粘性摩擦補償と静止摩擦保障とが選択的に作用するように、上記 $g(\omega)$ と同様の窓関数を乗じてもよ

い。また、上記式(4)の右辺第2項は、モータ1の摩擦トルクを補償するものであり、クーロン摩擦補償電流 I_c と目的が同じであるので、上記式(4)の右辺第2項とクーロン摩擦補償電流 I_c とが選択的に作用するように、窓関数 $f(\omega)$ 、 $g(\omega)$ を乗じて、ほぼ同様の効果を奏する。

なお、上記例では、直線的な立ち上がりまたは立ち下がり特性を有する窓関数 $f(\omega)$ 、 $g(\omega)$ を用いて粘性摩擦補償と静止摩擦保障とを選択的に作用するための重み付けを行ったが、モータ1や減速機15の特性を考慮した立ち上がりまたは立ち下がり特性を有する重み付けを行うことにより、より精密な摩擦補償を行うことができることはいうまでもない。

【0048】

実施の形態6.

上記本実施の形態4、5では、ステアリング系の速度の所定の関数を、静止摩擦推定値 T_f ないし静止摩擦補償電流 I_f に乗じることで、静止摩擦補償の不要な動作を防止する例を述べたが、以下に示すような条件分岐によって静止摩擦補償を選択的に作用させても同様の効果を奏する。

図10は、本実施例の動作を説明するフローチャートである。本プログラムは、図4のステップS10から呼び出されるものとする。まず、ステップS14において、クーロン摩擦補償電流 I_c が所定値 I_{cth} 以上かどうかを調べ、 $I_c > I_{cth}$ の場合には、ステップS15において、静止摩擦補償電流を0とし、動摩擦の補償のみを行うようにする。 $I_c \leq I_{cth}$ の場合には、そのまま終了する。

このように、本実施の形態6では、窓関数のデータをテーブル参照したり、窓関数の乗算を含まず、動摩擦の補償量の大きさに応じて静止摩擦の補償を行うようにしたので、マイコン26の負荷を減らすことができる。

【0049】

実施の形態7.

上記本実施の形態1では、上記式(4)の右辺第2項でモータ1の非線形性を補償していたが、例えば図11に示すような、静止摩擦補償電流の演算値が小さい場合には上記静止摩擦補償電流の値を増加させるような変換テーブルをROM31に保持し、この変換テーブルを用い、静止摩擦補償電流をモータ1の非線形

性を補償するような値に変換することにより、モータ検出電流 I_m とモータ出力トルク T_m との非線形性を打ち消すようにしてもよい。

以下、本実施の形態 7 における静止摩擦補償の演算方法を、図 12 のフローチャートを基に詳しく説明する。図 12 のプログラムは、図 4 のフローチャートのステップ S10 に相当するもので、図 1 のブロック図の静止摩擦補償電流演算手段 10 に相当する。まず、ステップ S16 において、下記の式 (6) から静止摩擦補償電流 I_{f1} を演算する。

$$I_{f1} = (T_f / K_t \cdot n) \cdots \cdots (6)$$

この I_{f1} は、上記式 (4) の、右辺第 1 項である。次に、ステップ S17 で、例えば図 11 の変換テーブルに示す特性に基づき、上記 I_{f1} を実際に使用する静止摩擦補償電流 I_f に変換する。上記変換テーブルは、 I_{f1} の絶対値が所定の値 I_{f0} 以下の場合には、 I_f は I_{f1} に所定の比例係数を掛けた値とし、 I_{f1} の絶対値が所定の値 I_{f0} を越えた場合には、上記比例係数よりも小さな傾きで変化するように変換を行うもので、モータ 1 ないし減速器 15 の立ち上がりにおける非線形性を補償するものがある。なお、他の処理は、実施の形態 1 と同様である。

このように、本実施の形態 7 においては、モータ 1 ないし減速器 15 の非線形性をより正確に補償することができるので、操舵フィーリングを更に向上させることができる。

【0050】

実施の形態 8.

静止摩擦補償電流を構成する要素である静止摩擦推定値または静止摩擦補償、あるいは静止摩擦補償の静止摩擦推定値に比例する項またはモータないし減速機の非線型性を補償する項の少なくとも 1 つまたは全部が、例えば静止摩擦の実測値に基づく所定値以下となるように、それぞれに上限値を設けてもよい。これにより、過大な補償を防止できるので、操舵フィーリングが軽すぎたり、操舵トルクが発振したりすることを防止できる。また、静止摩擦補償電流そのものに対して上限値を設けるようにしても同様の効果を得ることができる。

【0051】

実施の形態 9.

車速によって路面からの負荷が変化すると、摩擦力も変化すると考えられるので、本実施の形態 9 では、静止摩擦補償電流を車速に基づいて変化させることにより、車速に応じた最適な静止摩擦補償を実現し、操舵フィーリングをより向上させることができる。また、操舵力補助電流演算手段 7 等、他の制御のゲインが車速によって変化した場合においても、最適な静止摩擦補償を実現できる。

車速で変化させるのは、例えば上記式 (4) では、静止摩擦推定値の正帰還ゲイン $1 / (K_t \cdot n)$ 、モータ 1 ないし減速器 15 の非線形性を補償する摩擦トルク T_L が考えられる。また、図 8、9 の窓関数、図 11 の変換テーブルを構成する関数、上記実施の形態 8 における静止摩擦推定値等の上限値を車速によって変化させてもよい。

なお、車速のかわりにエンジン回転数を用いても同様の効果を奏することができる。

【0052】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 に記載の発明によれば、ステアリング系の静止摩擦を推定し、これを補償するようにしたので、オンセンタ感等の操舵フィーリングを向上させることができる。

【0053】

請求項 2 に記載の発明によれば、操舵力検出値のエッジを抽出することによって、ステアリング系の静止摩擦を推定するようにしたので、新たにセンサ等を設けることなく、ステアリング系の静止摩擦を推定することができる。

【0054】

請求項 3 に記載の発明によれば、モータ角速度、ないしはモータ逆起電力ないしは操舵角速度のエッジを抽出することによって、ステアリング系の静止摩擦を推定するようにしたので、雑音に影響されることなく、ステアリング系の静止摩擦を推定することができる。

【0055】

請求項 4 に記載の発明によれば、モータ電流のエッジを抽出することによって、ステアリング系の静止摩擦を推定するようにしたので、モータに通電して回転

し始めるまでの間を検出して補償することができ、モータの静止摩擦をより正確に補償することができる。

【0056】

請求項5に記載の発明によれば、高域通過形フィルタによってエッジを抽出するようにしたので、簡単な構成でステアリング系の静止摩擦を推定することができる。

【0057】

請求項6に記載の発明によれば、上記高域通過形フィルタの時定数を、モータの機械的時定数ないし加速定数とほぼ同一としたので、正確にステアリング系の静止摩擦を推定することができる。

【0058】

請求項7に記載の発明によれば、上記エッジ抽出値に、モータ角速度、ないしはモータ逆起電力、ないしは操舵角速度の所定の関数を作用させることによって、ステアリング系の静止摩擦を推定するようにしたので、正確にステアリング系の静止摩擦を推定することができる。

【0059】

請求項8に記載の発明によれば、静止摩擦推定値に上限値を設けたので、過大な補償を防止することができる。

【0060】

請求項9に記載の発明によれば、上記静止摩擦推定値を正帰還することによって、ステアリング系の静止摩擦を補償するので、新たにセンサ等を設けることなく、オンセンタ感等の操舵フィーリングを向上させることができる。

【0061】

請求項10に記載の発明によれば、上記静止摩擦推定値と、モータ出力トルクとが、ほぼ同一となるように上記正帰還のゲインを定めるようにしたので、正確にステアリング系の静止摩擦を補償することができる。

【0062】

請求項11に記載の発明によれば、上記静止摩擦補償は、少なくとも、静止摩擦推定値に比例する項と、モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項と

から構成したので、正確にステアリング系の静止摩擦を補償することができる。

【0063】

請求項12に記載の発明によれば、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項は、上記静止摩擦推定値が所定値以上の場合に作用するようにしたので、非線形性の補償を正確に行うことができる。

【0064】

請求項13に記載の発明によれば、上記静止摩擦推定値に比例する項に、モータないしモータ減速器の非線形性を補償する所定の関数を作用させて、上記静止摩擦を補償するようにしたので、正確にステアリング系の静止摩擦を補償することができる。

【0065】

請求項14に記載の発明によれば、上記静止摩擦補償と、上記静止摩擦推定値に比例する項と、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項の、少なくともいずれか1つに上限値を設けるようにしたので、過大な補償を防止できるので、操舵フィーリングが軽すぎたり、操舵トルクが発振したりすることを防止できる。

【0066】

請求項15に記載の発明によれば、上記静止摩擦補償と、上記静止摩擦推定値に比例する項と、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項の、少なくともいずれか1つに、モータ角速度、ないしモータ逆起電力、ないし操舵角速度の所定の関数を作用させて上記静止摩擦を補償するようにしたので、正確にステアリング系の静止摩擦を補償することができる。

【0067】

請求項16に記載の発明によれば、上記静止摩擦補償と、上記静止摩擦推定値に比例する項と、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項の、少なくともいずれか1つを、車速ないしエンジン回転数に基づいて変化させるようにしたので、オンセンター感等の操舵フィーリングをより向上させることができる。

【0068】

請求項 17 に記載の発明によれば、上記モータ角速度、ないしモータ逆起電力、ないし操舵角速度の関数と、上記正帰還ゲインと、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項と、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する所定の関数と、上記上限値の、少なくともいずれか 1 つを、車速ないしエンジン回転数に基づいて変化させるようにしたので、オンセンター感等の操舵フィーリングをより向上させることができる。

【0069】

請求項 18 に記載の発明によれば、モータないし操舵の角速度、角加速度に基づいてステアリング系の動摩擦ないし慣性を補償するとともに、ステアリング系の静止摩擦推定値に基づきステアリング系の静止摩擦を補償するようにしたので、ステアリング系の動摩擦、静止摩擦、さらには慣性モーメントをすべて制御することができ、オンセンター感のみならず、あらゆる操舵条件で良好な操舵フィーリングを得ることができる。

【0070】

請求項 19 に記載の発明によれば、動摩擦の補償項と、静止摩擦の補償項を、選択的に作用させるべく重み付けを行うようにしたので、静止摩擦の補償と動摩擦の補償との干渉を防止することができ、より操舵フィーリングを向上させることができる。

【0071】

請求項 20 に記載の発明によれば、動摩擦の補償項と、上記静止摩擦推定値に比例する項と、上記モータないしモータ減速器の非線形性を補償する項の、少なくとも 1 つを選択的に作用させるべく重み付けを行うようにしたので、静止摩擦の補償と動摩擦の補償との干渉を防止することができ、正確にステアリング系の摩擦を補償することができる。

【0072】

請求項 21 に記載の発明によれば、動摩擦の補償量の大きさに応じて静止摩擦の補償を行うようにしたので、静止摩擦補償を選択的に作用させることができ、正確にステアリング系の摩擦を補償することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態 1 に係わる電動パワーステアリング装置の全体構成図である。

【図 2】 本発明の実施の形態 1 に係わる電動パワーステアリング装置のコントローラの回路ブロック図である。

【図 3】 本発明の実施の形態 1 に係わる電動パワーステアリング装置の制御ブロック図である。

【図 4】 本発明の実施の形態 1 に係わる電動パワーステアリング装置の動作を説明するフローチャートである。

【図 5】 摩擦が大きいステアリングを操舵したときの操舵トルク波形と静止摩擦推定値を示す図である。

【図 6】 本発明の実施の形態 1 に係わる高域通過フィルタの特性を示す図である。

【図 7】 本発明の実施の形態 1 に係わるモータの摩擦トルクを説明するための図である。

【図 8】 本発明の実施の形態 4 に係わる静止摩擦推定値を補正する方法を説明するための図である。

【図 9】 本発明の実施の形態 5 に係わる摩擦補償電流を補正する方法を説明するための図である。

【図 10】 本発明の実施の形態 6 に係わる摩擦補償電流の干渉を防止する方法を説明するためのフローチャートである。

【図 11】 本発明の実施の形態 7 に係わるモータ摩擦トルクを補正する方法を説明するための図である。

【図 12】 本発明の実施の形態 7 に係わるモータ摩擦トルクを補正する方法を説明するためのフローチャートである。

【図 13】 従来の電動パワーステアリング装置の制御ブロック図である。

【図 14】 従来の電動パワーステアリング装置におけるクーロン摩擦補償電流演算手段の動作を説明するための図である。

【図 15】 従来の電動パワーステアリング装置における慣性補償電流演算手段の動作を説明するための図である。

【図 16】 従来の電動パワーステアリング装置における粘性摩擦補償電流演算手段の動作を説明するための図である。

【図 17】 従来の電動パワーステアリング装置における操舵力補助電流演算手段の動作を説明するための図である。

【図 18】 摩擦のモデルを示す図である。

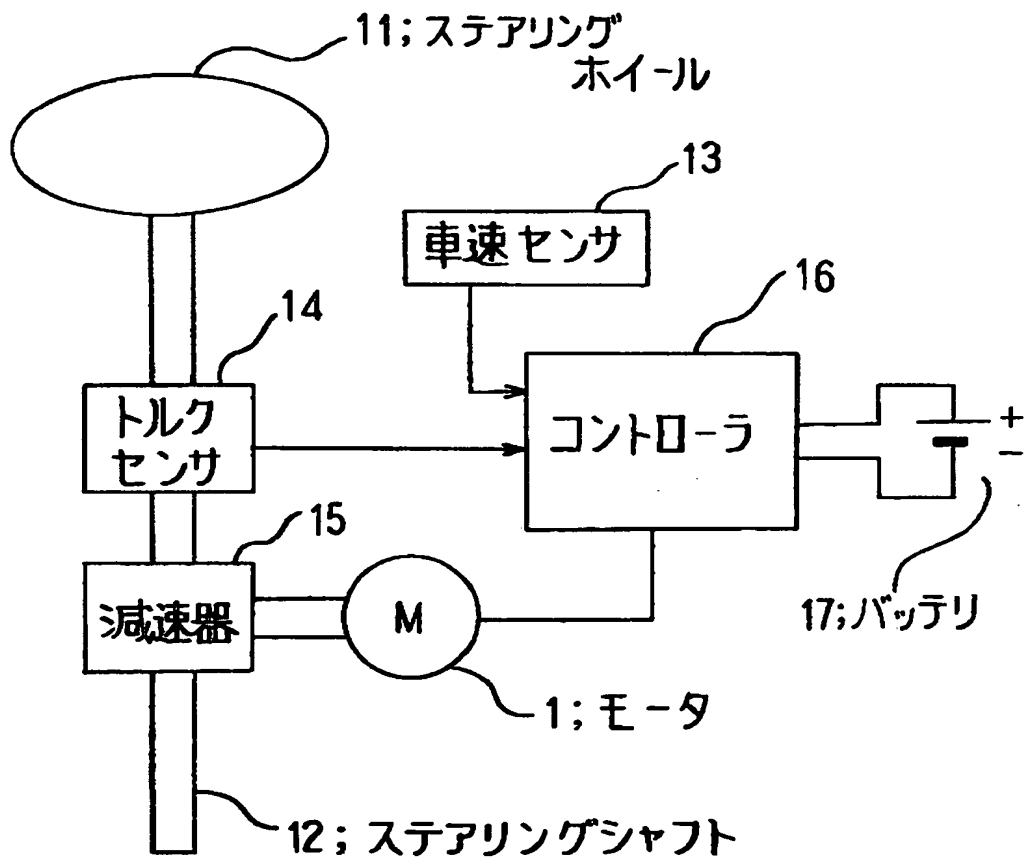
【符号の説明】

1 モータ、2 モータ角速度演算手段、3 モータ角加速度演算手段、4 クーロン摩擦補償電流演算手段、5 粘性摩擦補償電流演算手段、6 慣性補償電流演算手段、7 操舵力補助電流演算手段、8 電流制御手段、9 静止摩擦演算手段、10 静止摩擦補償電流演算手段、11 ステアリングホイール、12 ステアリングシャフト、13 車速センサ、14 トルクセンサ、15 減速器、16 コントローラ、17 バッテリ、21 モータ駆動回路、22 FETドライバ、23 モータ電流検出回路、24 モータ端子電圧検出回路、25 コンデンサ、26 マイコン、31 ROM、32 RAM、33 PWM変調器、34 入出力ポート、35 A/D変換器、36 タイマ、37 CPU。

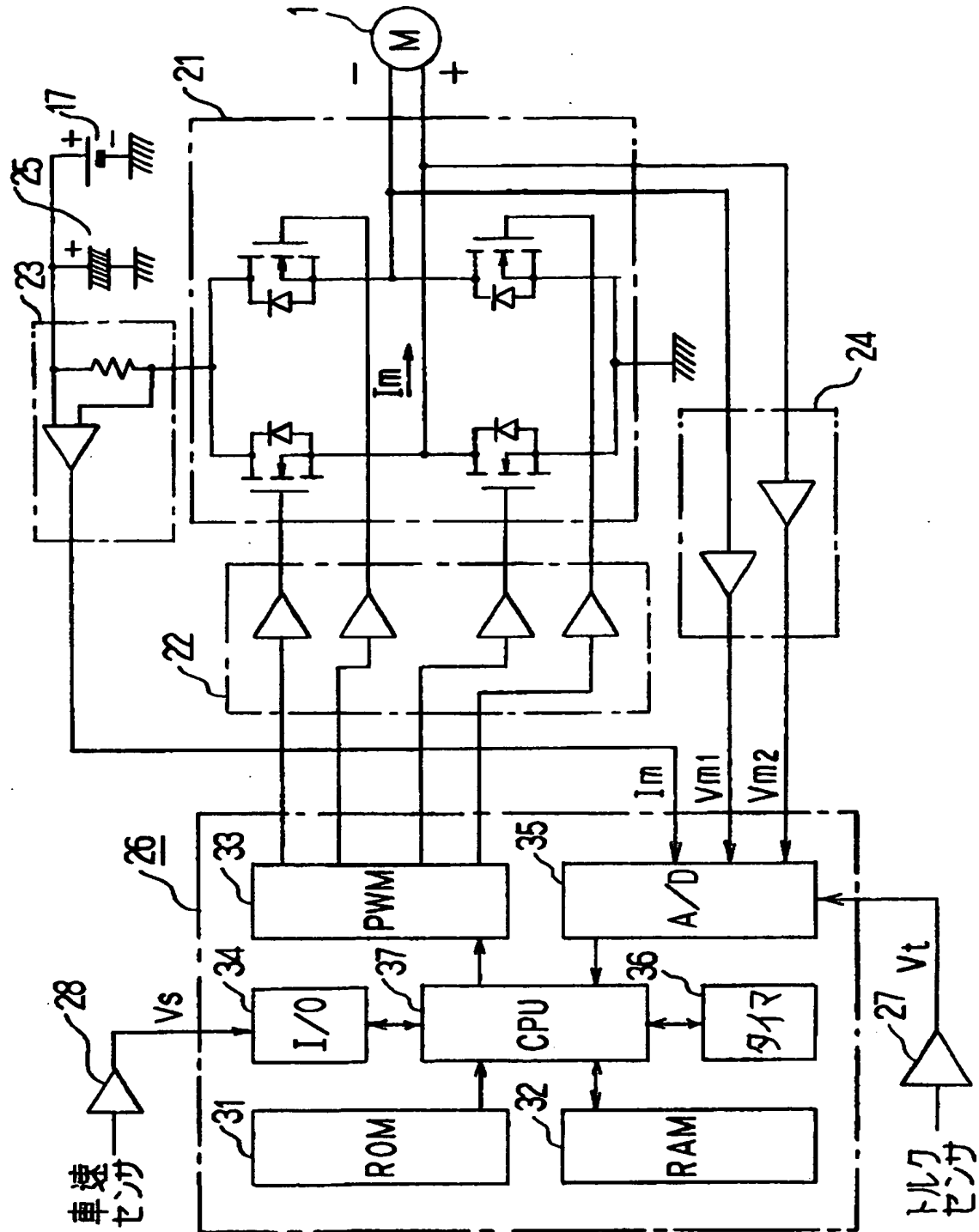
【書類名】

図面

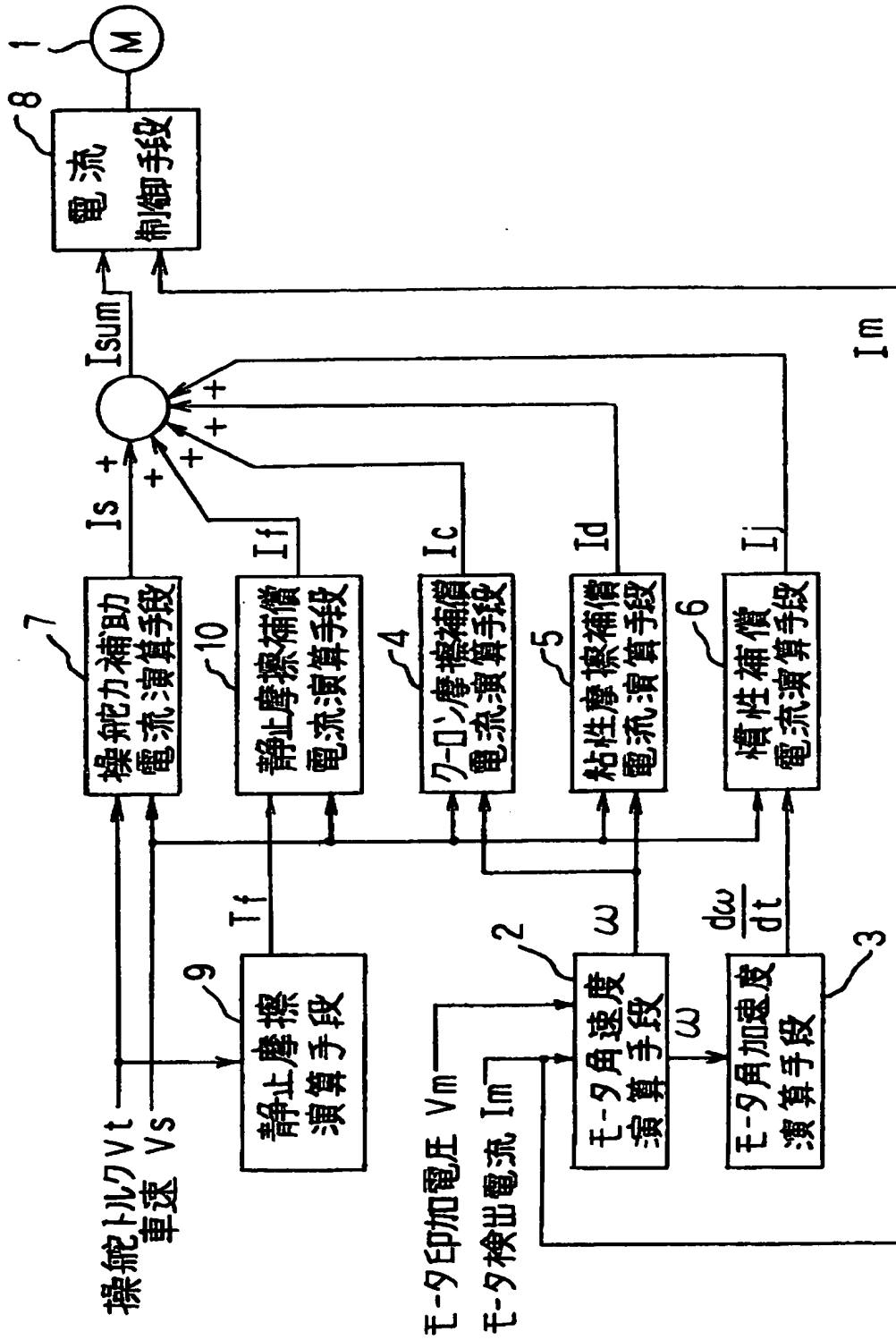
【図 1】



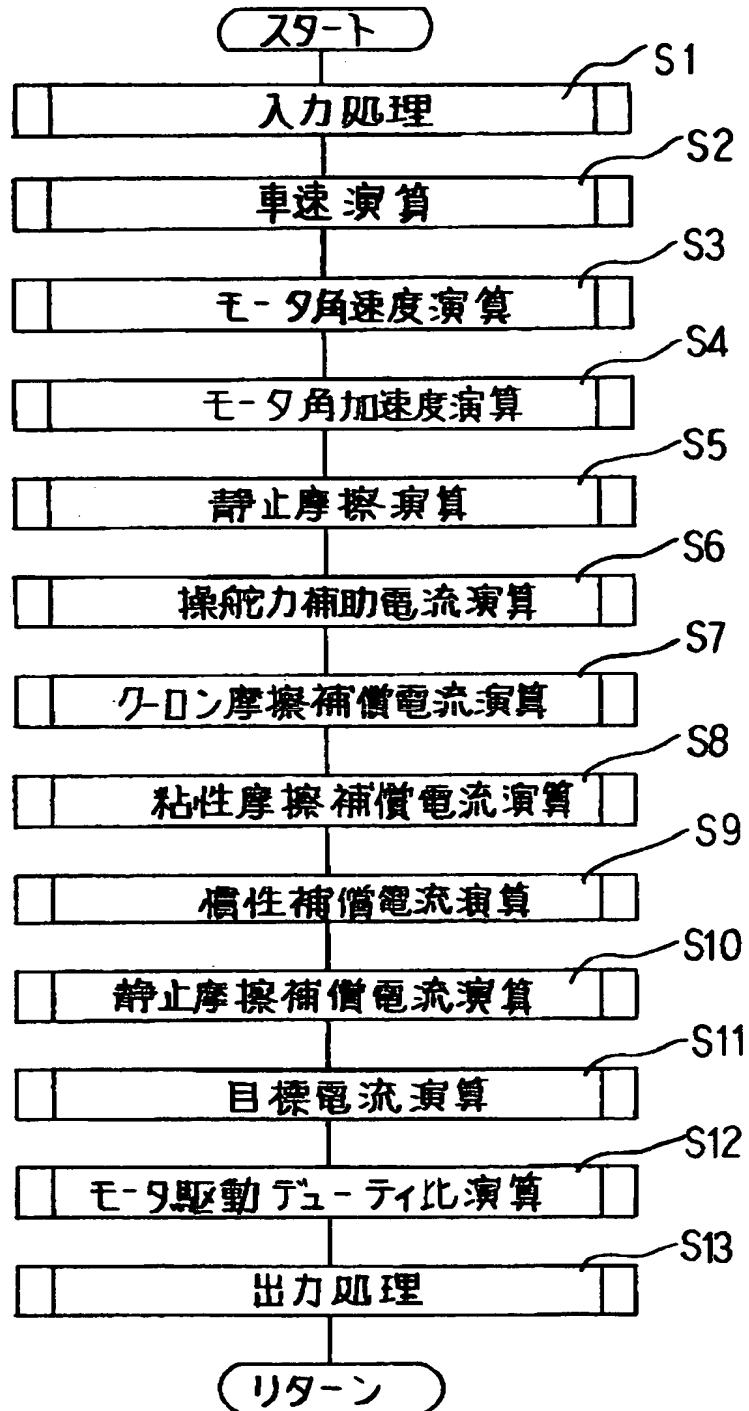
【図2】



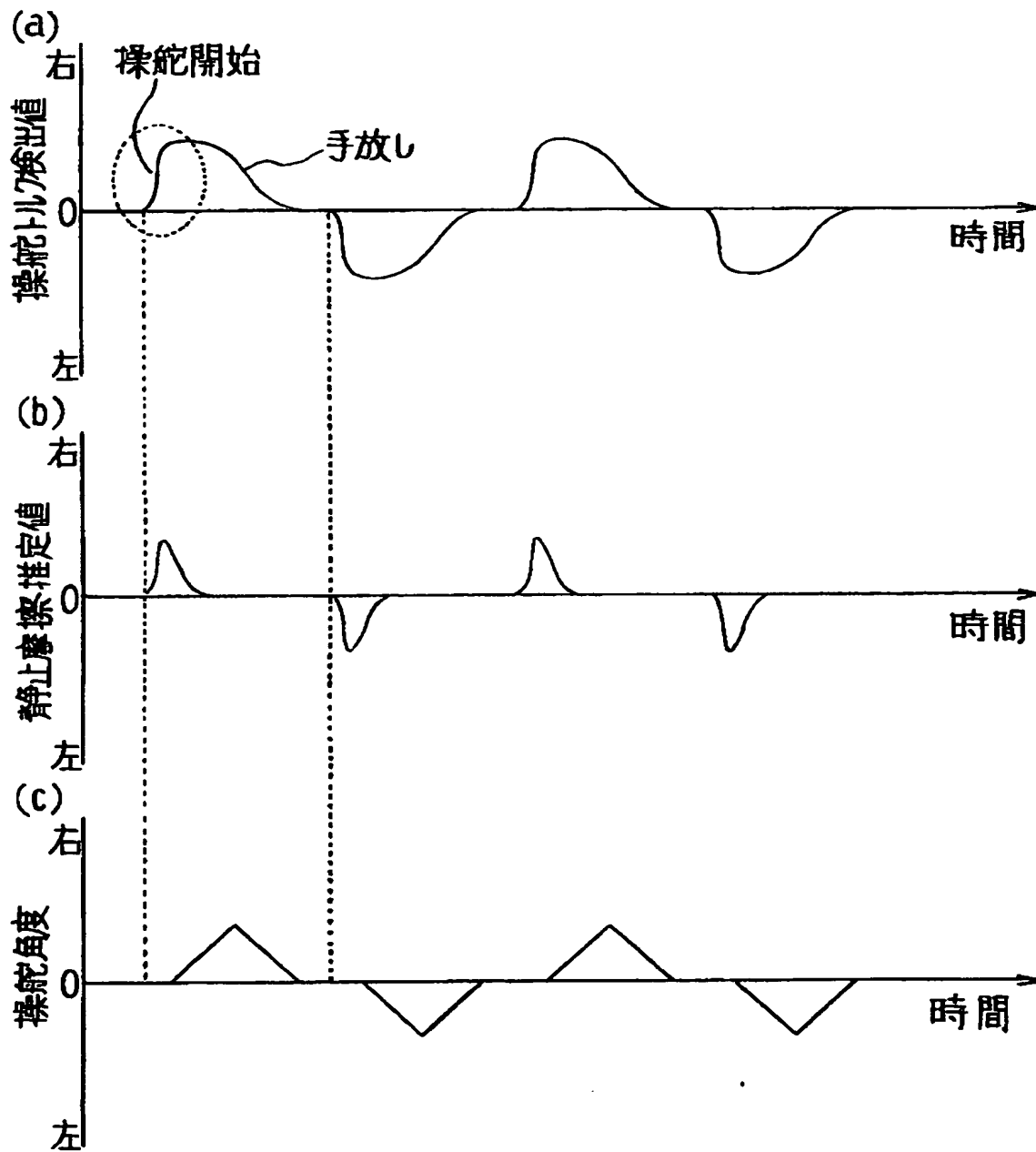
【図 3】



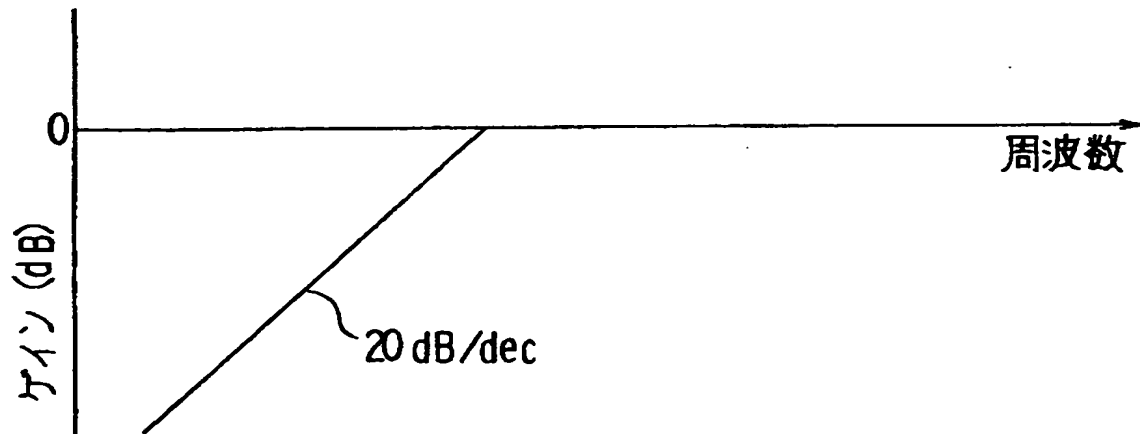
【図4】



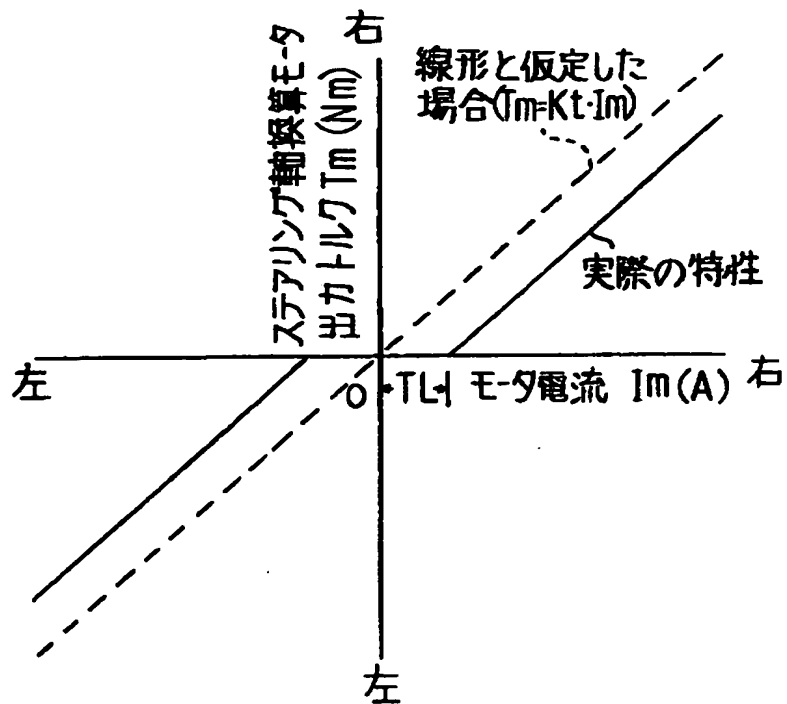
【図5】



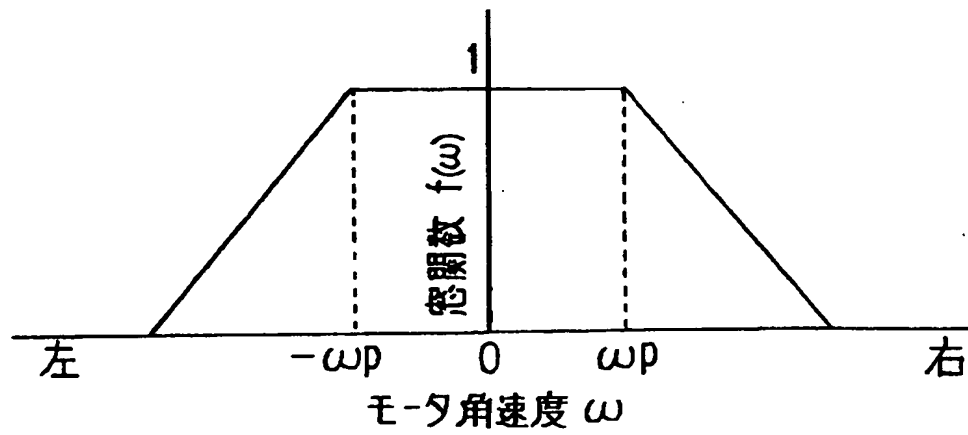
【図 6】



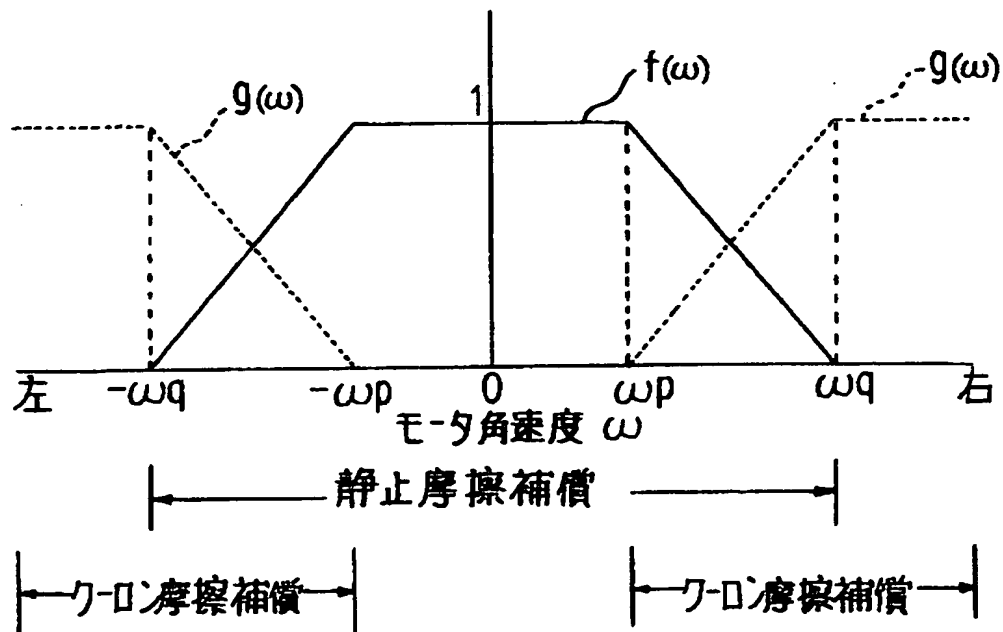
【図 7】



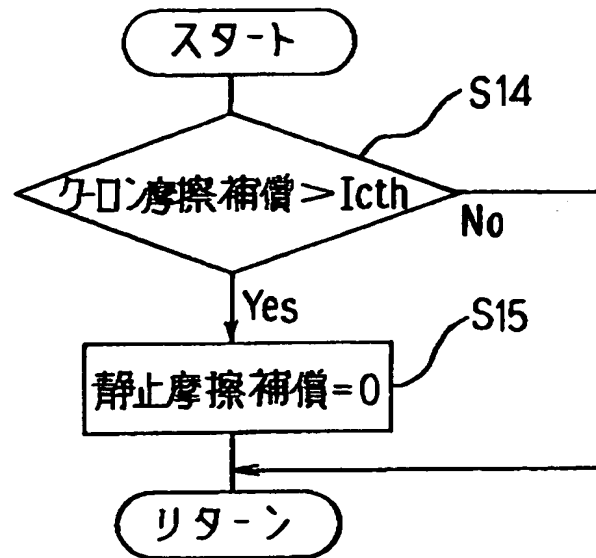
【図 8】



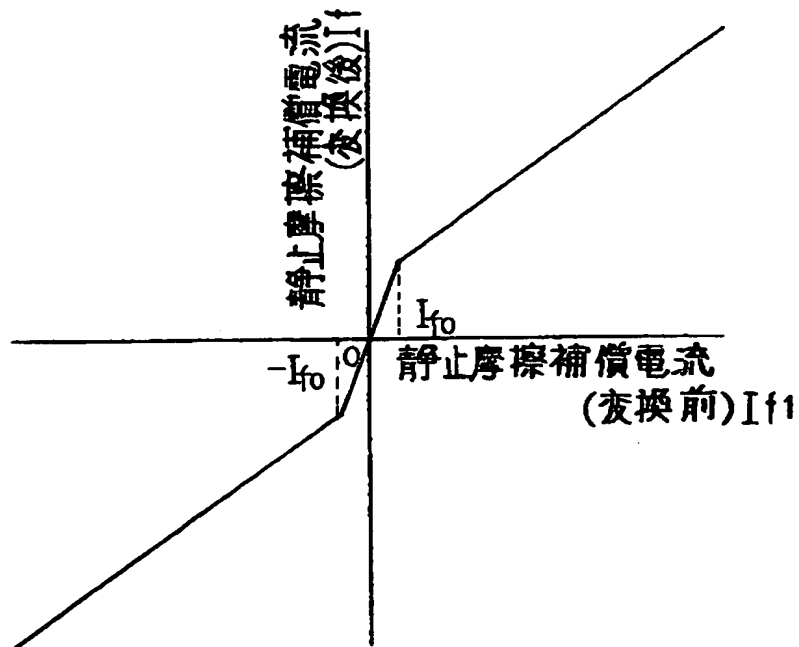
【図 9】



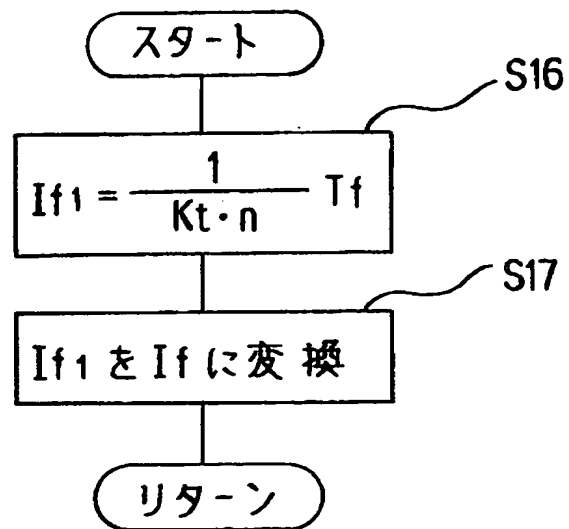
【図 10】



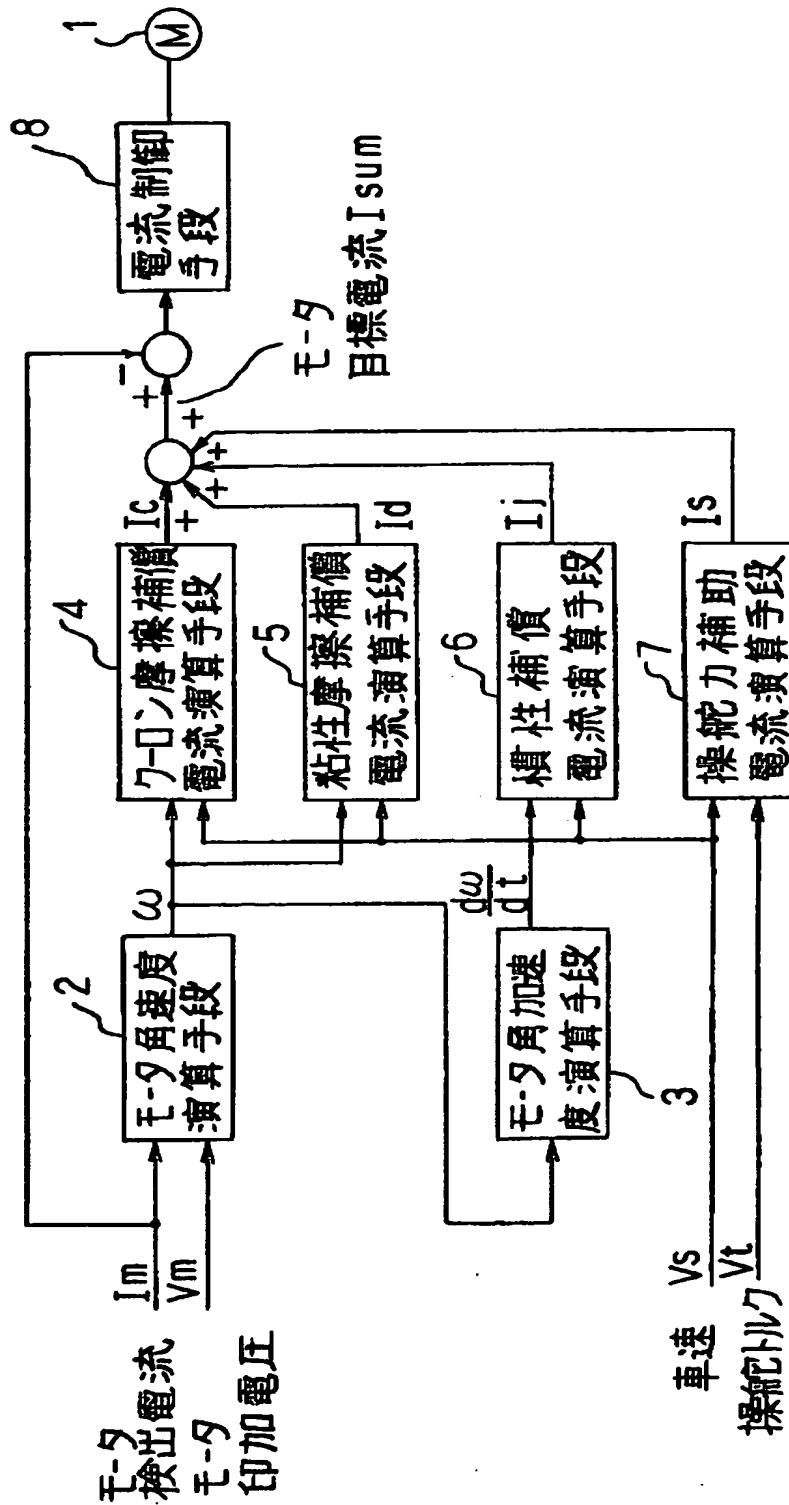
【図 11】



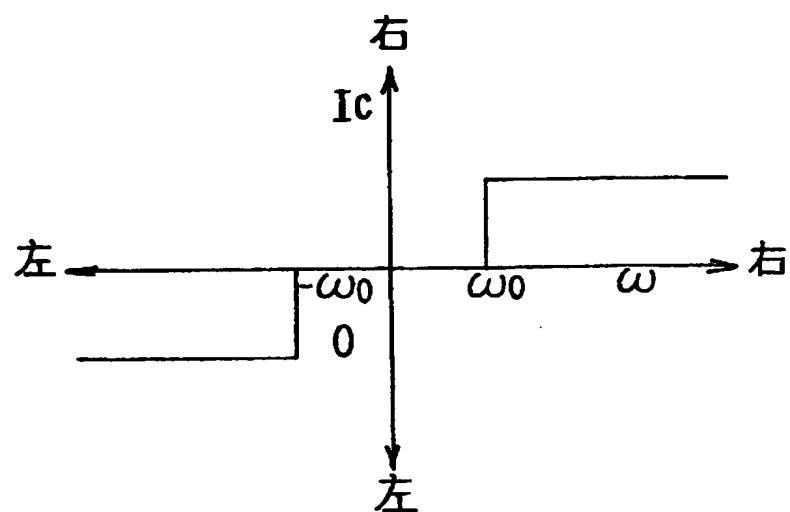
【図 12】



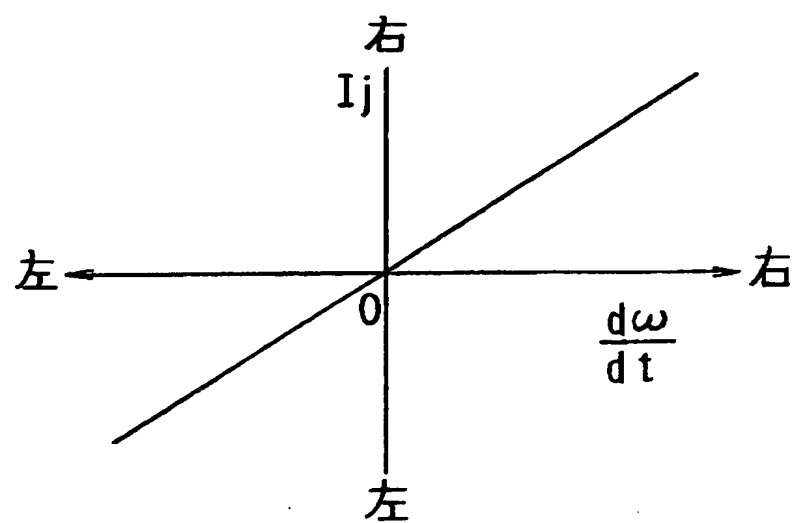
【図 13】



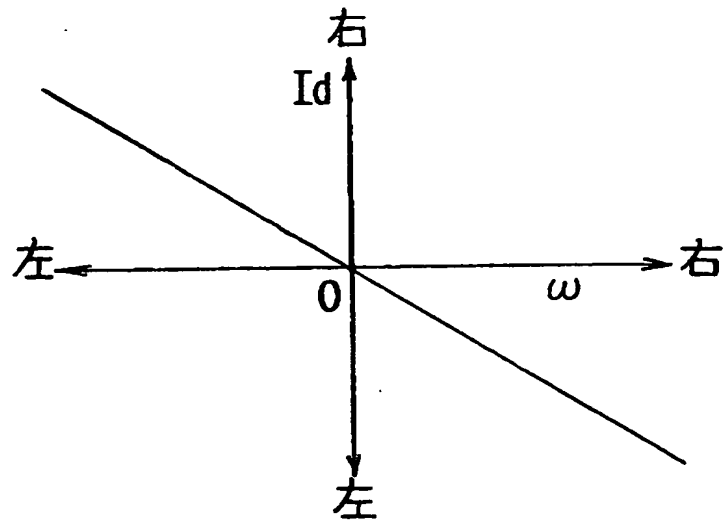
【図 14】



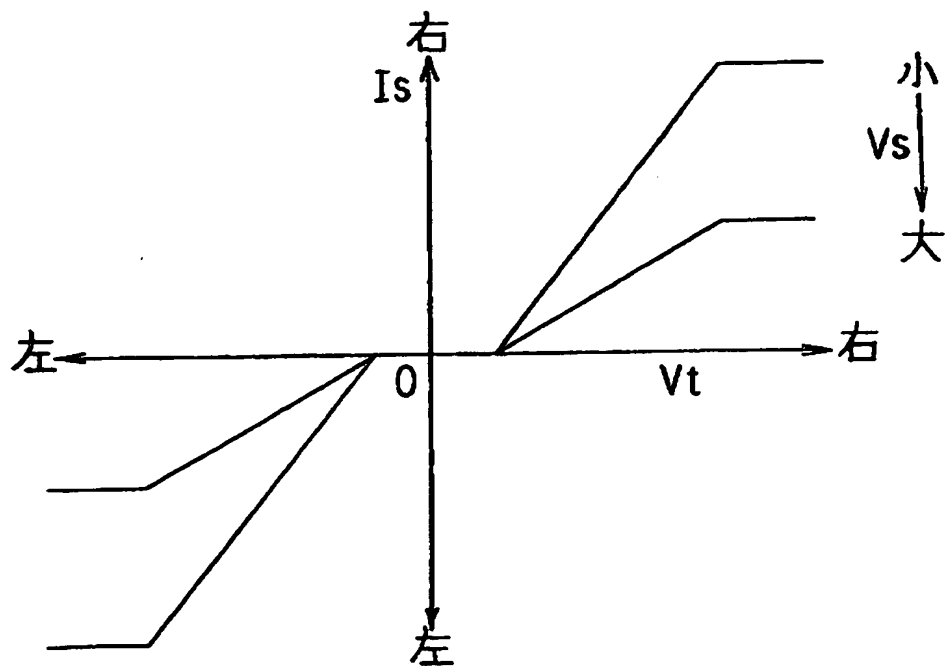
【図 15】



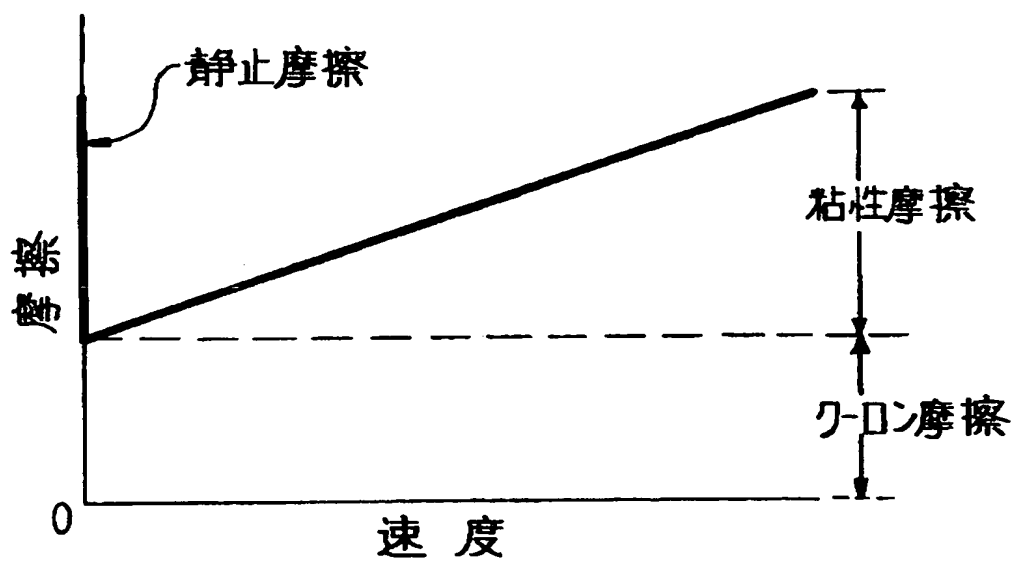
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ステアリング系の静止摩擦を推定し、これを補償することにより、操舵フィーリングを改善することを目的とする。

【解決手段】 静止摩擦演算手段 9 により、操舵トルク V_t の検出値のエッジを抽出してステアリング系の静止摩擦を推定した静止摩擦推定値 T_f を求め、静止摩擦補償電流演算手段 10 により、上記静止摩擦推定値 T_f に基づいて静止摩擦補償電流 I_t を演算し、ステアリング系の静止摩擦を補償するようにした。

【選択図】 図 3

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】
【識別番号】 000006013
【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
【氏名又は名称】 三菱電機株式会社
【代理人】 申請人
【識別番号】 100080296
【住所又は居所】 東京都千代田区飯田橋2丁目9番4-405
【氏名又は名称】 宮園 純一

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006013]

1. 変更年月日	1990年 8月24日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内2丁目2番3号
氏 名	三菱電機株式会社